

Jätevesipuhdistamon tulopumppaamon automaatio-ohjaukset

Kimi Klinga

Opinnäytetyö
Marraskuu 2014

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Klinga, Kimi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 4.11.2014
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi Jätevesipuhdistamon tulopumppaamon automaatio-ohjaukset		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Markku Ström		
Toimeksiantaja(t) PCS-Engineering Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tilaajana oli PCS-Engineering Oy. 2004 perustetulla yhtiöllä on toimipisteet Jyväskylässä ja Oulussa ja työntekijöitä on 36. Yhtiö harjoittaa sähkö- ja automaatioalan projektointia, suunnittelua, asennusvalvonta sekä automaatiojärjestelmien ja logiikkojen ohjelmointia. Opinnäytetyön tuloksena saatu sovellus tulee käyttöön Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:lle Nenäinniemen puhdistamolle Jyväskylään.</p> <p>Tavoitteena oli tehdä puhdistamolle tulevan tulopumppaamon saneerauksen liittyvät ohjelman muutokset logiikkaan. Tulopumppaamossa ohjataan kuutta pumppua, joista neljä on varustettu taajuusmuuttajalla. Saneerauksessa kaksi viimeisintä pumppua saavat omat taajuusmuuttajansa ja kaikki taajuusmuuttajat tulevat väyläliitännällä logiikkaan.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitetään veden puhdistukseen liittyviä asetuksia ja säädöksiä, sekä puhdistamon toimintaa vaihe vaiheelta yleisellä tasolla. Näin saatiin käsitys kuinka puhdistamo toimii. Taajuusmuuttajien, Siemensin Step7 – suunnitteluovelluksen ja WinCC – valvomosovelluksen teoriaa käsitellään myös, jotta suunnittelusta on lukijalla parempi käsitys.</p> <p>Sovelluksen suunnittelu käydään läpi kohta kohdalta ja kerrotaan, mitä ratkaisuja sovelluksessa piti tehdä ja kuinka nämä ratkaisut ovat toteutettu. Sovellusta varten oli tehty toimintaselostus ja siinä on annettu tarkat määritelmät miten ohjelman tulee toimia.</p> <p>Tuloksena opinnäytetyöstä saatiin valmis sovellus, joka on käytössä puhdistamon tulopumppaamossa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Ohjelmoitava logiikka, Siemens Step7, WinCC, Profinet, taajuusmuuttajat		
Muut tiedot		



Author(s) Klinga, Kimi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 4.11.2014
	Number of pages 43	Language of publication Finnish
		Permission for web publication: X
Title of publication Automatic controls of pump station at wastewater treatment plant		
Degree programme Automation Engineering		
Tutor(s) Ström, Markku		
Assigned by PCS-Engineering Oy		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was assigned by PCS-Engineering. The company has two offices, one in Jyväskylä and one in Oulu with 36 employees in them. PCS-Engineering carries out project management, consulting and provides services in the field of automation. The outcome of the thesis is software to be used in the wastewater treatment plant in Nenäinniemi, Jyväskylä.</p> <p>In Nenäinniemi plant there is a renovation where the pump station of the plant will go through some changes. There are six pumps in the station and four of them are controlled by frequency converters and after the renovation all pumps are to be controlled by a frequency converter. Moreover, the converters will be connected to programmable logic controller via Profinet fieldbus.</p> <p>The thesis describes how a wastewater treatment plant works and also what kind of regulations have to be taken under consideration in this field. The basic theory of frequency converters, Siemens Step7 – software and WinCC – HMI software is also discussed.</p> <p>Designing of the software is described in further detail in the thesis. For the application a plan was completed where the principles of the software were defined and how the pumps had to be controlled.</p> <p>The result of thesis is complete software that is in use in the Nenäinniemi plant.</p>		
Keywords/tags (subjects) Programmable logic controller, Siemens Step7, WinCC, Profinet, frequency converter		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	Johdanto.....	3
2	Jäteveden puhdistus.....	4
2.1	Asetukset yhdyskuntajätevesistä	4
2.2	Tulopumppaamo ja esikäsittely.....	5
2.3	Esiselkeytys	5
2.4	Kemiallinen käsittely.....	6
2.5	Biologinen käsittely	6
2.6	Jälkiselkeytys.....	6
2.7	Lietteen käsittely	7
3	Automaatio puhdistamolla.....	7
3.1	Ohjelmoitava logiikka	8
3.2	Hajautettu I/O.....	8
3.3	Logiikan ohjelmointi	9
3.4	Valvomo	9
3.5	Profinet	11
3.6	Taajuusmuuttaja.....	10
4	Sovellussuunnittelu	12
4.1	Lähtökohdat.....	12
4.2	Jaksotuksen suunnittelu	13
4.3	Pumppujen määrän laskeminen ja nopeuden säätö.....	14
4.4	Huuhtelutyhjennys	15
4.5	Pinnakorkeuden mukaan ohjaaminen.....	15
4.6	HW-konfigurointi	16
4.7	Pumppujen ohjaus.....	18
5	Simulointi.....	19
6	Vanhan ohjelman tarkastelu	22
7	Käyttöönotto	24

7.1	Aloitius	24
7.2	Taajuusmuuttajan parametointi	27
7.3	Vanhan ohjelman muokkaaminen.....	28
7.4	Uuden ohjelman testaus	30
7.5	Varalogiikan käyttöönotto.....	33
8	Pohdinta	34
Liitteet		39
	Liite 1. Tulopumppaamon toimintaselostus	39

KUVIOT

KUVIO 1.	ET200S Hajautusasema	9
KUVIO 2.	Käynnistysjärjestys.....	13
KUVIO 3.	Pumppujen ohjeellinen ajotapataulukko	16
KUVIO 4.	Logiikan HW-konfigurointi	17
KUVIO 5.	P01 osoite HW-konfiguroinnissa	19
KUVIO 6.	P01 osoite pumpun kutsussa	19
KUVIO 7.	Virtuaalilogiikka	21
KUVIO 8.	Variable Table	22
KUVIO 9.	Reference data – työkalu	24
KUVIO 10.	Pumpun 01 Data Block.....	26

1 Johdanto

Jätevesien puhdistus on tärkeä osa yhteiskunnan toimivuutta ja siitä onkin tiukat säädökset ja lait, joiden mukaan täytyy toimia. Vesilaitosten toiminnan avulla saadaan toimitettua puhdasta vettä ja erilaisten käyttötarpeiden jälkeen puhdistettua jätevedet takaisin luontoon palautettavaksi.

Tein opintoihin kuuluvaa harjoitteluani insinööritoimistossa nimeltä PCS-Engineering Oy ja yhtenä asiakkaana yhtiöllä on Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy. Jo harjoittelun aikana pääsin tutustumaan ja tekemään töitä Nenäinniemen puhdistamolla Jyväskylässä. Nenäinniemessä puhdistetaan 150 000 asukkaan jätevedet sekä viemäriverkon alueella toimivan teollisuuden jätevedet. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jätevettä tulee vuorokaudessa noin 40 000 kuutiometriä. Puhdistettu jätevesi puretaan Nenäinniemen puhdistamolta Pohjois-Päijänteen Hämeenlahteen.

Jäteveden toimituksesta puhdistamoille vastaavat kuntien vesihuoltolaitokset ja Jyväskylän Energia Oy. Puhdistamolla otetaan vastaan myös kiinteistöjen sako- ja pullokaivolietettä. Yhtiön omistavat Jyväskylän kaupunki (87 %), Laukaan kunta (8,7 %) ja Muuramen kunta (4,3 %). Toinen pienempi puhdistamo yrityksellä on Korpilahdella, jonne johdetaan kyseisen alueen jätevedet. (JS-Puhdistamo 2014.)

Nenäinniemen puhdistamolla pyritään koko ajan parantamaan ja tehostamaan toimintaa. Tässä opinnäytetyössä kerrotaan Nenäinniemen puhdistamon tulopumppaamon pumppujen ohjauksista ja niiden muutoksista. Kyseiset pumpput pitävät tulevan jäteveden imualtaiden pinnat oikealla tasolla. Pumppujen toimintaa oli seurattu aiemmin ja näiden tutkimusten perusteella on tehty toimintaohje, kuinka pumppujen ohjauksien tulee toimia. Tehtävänä oli toimintaohjeen avulla toteuttaa uusi sovellus, jotta toiminta saadaan optimoitua mahdollisimman hyväksi.

Käytännössä tämä tarkoittaa muutoksia olemassa olevan ohjelmoitavan logiikan ohjelmaan.

2 Jäteveden puhdistus

Tässä luvussa keskitytään kertomaan kuinka jäteveden puhdistus tapahtuu ja kuinka Nenäinniemen puhdistamo toimii.

2.1 Asetukset yhdyskuntajätevesistä

Suomen laissa on säädetty, kuinka jäteveden huollon tulee toimia ja näitä asetuksia tulee Nenäinniemen puhdistamon noudattaa. Vesihuoltolaissa on määritetty, että taajamat on sisällytettävä jätevesiviemäriverkostoon vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella. Fosforin poistamisesta on annettu säädökset, kuinka paljon sitä tulee poistaa jätevedestä. Typenpoisto selvitetään erikseen ja sitä poistetaan siinä tapauksessa, kun sillä voidaan parantaa vesien tilaa. Lietettä ei saa päästää vesiin. Näytteenottoa varten puhdistamot on rakennettava sellaiseksi, että voidaan ottaa näytteet tulevasta, käsittelyssä olevasta ja takaisin luontoon johdettavasta vedestä.

Näitä asetuksia seurataan toimeenpano-ohjelmalla. Se on erikseen ympäristösuojelulaissa määritetty valtakunnallinen ohjelma. Suomen ympäristökeskus valvoo ohjelman toteutumista ja julkaisee tulokset. Näytteenottojen määrä on säädetty sen perusteella, kuinka iso kyseessä oleva puhdistamo on. Nenäinniemen toimintaa valvoo Keski-Suomen ELY-keskus. Puhdistamo julkaisee myös vuosiraportit Internet-sivuillaan. (A 888/2006.)

2.2 Tulopumppaamo ja esikäsittely

Puhdistamolla johdettava jätevesi tulee ensimmäisenä imualtaille, josta tulopumppujen avulla se kuljetetaan edelleen puhdistettavaksi. Ensimmäinen varsinainen puhdistustoimenpide on välppäys. Välppäyksessä vedestä poistetaan suurimmat karkeat jätteet. Välppä on vesikanavaan asennettu tankosarja, jonka läpi vesi virtaa. Kun kappaleita on kertynyt jonkin aikaa tankoihin, kappaleet koneellisesti poistetaan tangoista kuljettimille. Välpettä vielä puhdistetaan lisää tämän jälkeen, jotta jäljellä jäävää jätettä on mahdollisimman pieni määrä.

Seuraavana vaiheena on hiekanerotus. Jätevesistä osa koostuu sade- ja sulamisvesistä, jolloin jäteveteen on sekoittunut hiekkaa. Hiekanerotusaltaissa toiselle laidalle johdetaan ilmaa, jonka johdosta jätevesi ja hiekka saadaan kiertoliikkeeseen ja hiekka laskeutuu altaan pohjalle. Altaan pohjalle laskeutunut hiekka pumpataan altaista pois ja jätevesi jatkaa matkaansa edelleen lisää puhdistettavaksi. Ilmastuksessa poistuu myös hajuhaittoja, minkä takia altaat ovatkin sijoitettu sisätiloihin ja siellä oleva ilma voidaan tarvittaessa käsitellä hajuhaittojen minimoimiseksi. (JS-Puhdistamo 2014.)

2.3 Esiselkeytys

Nenäinniemen puhdistamolla on kolme esiselkeytysallasta, joissa laskeutuva kiintoaines, eli lähinnä ulostehiukkasia ja savea, erotetaan vedestä. Altaissa veden virtausta rauhoitetaan, mikä aiheuttaa kiintoaineen vajoamisen altaan pohjalle. Altaiden pinnalta selkeytynyt vesi poistetaan biologiseen käsittelyyn. Laskeutunut kiintoaines eli liete poistetaan pohjalta laahainten avulla jatkokäsittelyyn. (JS-Puhdistamo 2014.)

2.4 Kemiallinen käsittely

Jätevesi sisältää fosforia, joka halutaan poistaa vedestä mahdollisimman tehokkaasti. Tätä varten veteen lisätään ferrosulfaattia. Ferrosulfaattia syötetään kahdessa eri vaiheessa. Noin 70 % lisätään jäteveteen ennen välppäystä ja 30 % ennen jäteveden jälkiselkeytystä. Saostuksessa ferrosulfaatin avulla muodostuu sakkaa, jossa on jäteveteen liuennutta fosforia. Tämä sakka poistuu muun lietteen mukana esiselkeytyksessä. (JS-Puhdistamo 2014.)

2.5 Biologinen käsittely

Biologisessa käsittelyssä jätevedestä poistetaan siihen liuenneita orgaanisia ja epäorgaanisia aineita, kuten hiilihydraatteja, valkuaisaineita, rasvoja, kemikaaleja, typpeä ja happea. Tämä tapahtuu ilmastusaltaissa lisäämällä jäteveteen hyödyllisiä mikro-organismeja. Nämä bakteerit rikastetaan prosessiin muokkaamalla olosuhteet niille sopiviksi. Olosuhteita muokataan jäteveden happimäärää ja lämpötilaa muuttamalla. Bakteerit käyttävät ravinnokseen orgaanisia ja epäorgaanisia aineita ja tämän seurauksena muodostuu myös uusia hyödyllisiä mikro-organismeja. Bioliete poistetaan vedestä selkeyttämällä tai suodattamalla. (JS-Puhdistamo 2014.)

2.6 Jälkiselkeytys

Puhdistamolla on kolme jälkiselkeytysallasta, joissa bioliete erotetaan puhtaasta vedestä. Erotettu liete palautetaan takaisin ilmastusaltaisiin. Jälkiselkeytysallas toimii samalla periaatteella kuin esiselkeytysallas. Pohjalle laskeutuva sakka palautetaan takaisin käsittelyyn, joko lietteen käsittelyyn tai ilmastusaltaisiin. Pinnalla oleva puhdas vesi johdetaan purkupaikalle Päijänteeseen. Purkupaikka on valittu sen perusteella, että siinä laimenemisolosuhteet ja virtaus ovat hyvät. Jätevedestä on

tässä vaiheessa saatu poistettua yli 95 % epäpuhtauksista. Tarvittaessa vesi voitaisiin vielä desinfoida, jos sille olisi tarvetta. (JS-Puhdistamo 2014.)

2.7 Lietteen käsittely

Puhdistuksessa muodostuu lietettä, joka koostuu erotetusta kiintoaineesta, hyödyllisistä mikro-organismeista ja saostetusta fosforista. Ensimmäisessä vaiheessa liete tiivistetään, jolloin siitä saadaan erotettua suurin osa vedestä pois. Poistettu vesi johdetaan takaisin jäteveden käsittelyyn.

Tiivistetty liete pumpataan mädättämöön, joka on ilmatiivis säiliö. Lietettä pidetään säiliössä 15 – 20 vuorokautta 30 – 38 celsiusasteen lämpötilassa. Lietettä sekoitetaan prosessin aikana. Mädätyksessä noin puolet lietteen orgaanisesta aineesta hajoaa biokaasuksi. Biokaasua käytetään lämmön ja sähkön tuotannossa. Parhaimmillaan biokaasusta saadaan tuotettua puhdistamon tarvittava lämpöenergia ja sähköä noin puolet puhdistamon tarpeesta.

Viimeinen vaihe lietteen käsittelyssä on kuivaus. Siinä saadaan mädätetystä lietteestä poistettua vettä siten, että jäljelle jäävä liete on märän maan kaltaista massaa. Poistettu vesi palautetaan takaisin jäteveden käsittelyyn. Kuivauksen jälkeen lietteen tilavuus on kymmenesosa alkuperäisestä. Kuivaukseen käytetään yleensä linkoa tai suotonauhapuristimia. Kuivattu liete viedään jatkokäsittelyyn jätteenkäsittelylaitokselle. Lietettä voidaan hyödyntää viherrakentamisessa tai maan parannusaineena energia- ja ruokakasvien tuotannossa, siinä olevien orgaanisten aineiden ja ravinteiden takia. (JS-Puhdistamo 2014.)

3 Automaatio puhdistamolla

Nenäinniemen puhdistamo on varustettu korkealla automaatioasteella. Kaikki informaatio on kerätty päävalvomoon, jossa prosessinohjaaja näkee eri näyttösivuilta

prosessin vaiheet ja tilat. Ohjaukset tapahtuvat myös valvomosta. Puhdistamolla on käytössä Siemensin järjestelmä, joka koostuu ohjelmoitavista logiikoista. Logiikat ovat liitettynä toisiinsa väyläratkaisujen avulla. Kaikki tieto kerätään esitettäväksi valvomon näyttöpäätteillä, joissa ne esitetään Siemensin WinCC – ohjelmistolla.

3.1 Ohjelmoitava logiikka

Tulopumppaamon ohjauksesta Nenäinniemen puhdistamolla vastaa Siemensin valmistama SIMATIC S7-400 – logiikka. Se edustaa Siemensin tuoteperheen tehokkainta ohjainta. Ohjelmoitavalla logiikalla voidaan toteuttaa prosessin tarvittavat ohjaukset, joko käyttäjien antamien tietojen, tai kentältä kerättävien tietojen perusteella. Logiikkaan on ladattu sovellus, jota suoritetaan jatkuvasti ja tämän perusteella tapahtuvat kaikki ohjaukset. Nenäinniemen puhdistamon ohjausjärjestelmä koostuu useista eri logiikoista, jotka ovat kaikki liitettynä samaan järjestelmään. (Siemens AG 2014.)

3.2 Hajautettu I/O

Nenäinniemen tulopumppaamon on varustettu hajautusasemalla, jota käytetään tarvittaessa ohjamaan pumppuja esim. normaalin ohjauksen ollessa pois käytöstä tai vian ilmetessä. Hajautusasemassa on oma prosessiasema, jotta sitä voidaan käyttää kuten normaalia logiikkaa. Tällöin se pystyy toimimaan täysin itsenäisesti ja muusta järjestelmästä erillään. Hajautusasemassa on vain tarvittavat ohjaukset pumppuja varten, eikä sitä käytetä muuhun. Asemaan on kytketty pinnanmittaus altaista ja tämän tiedon mukaan pumppuja ohjataan. Pumppaamon ET200S -hajautusasema on myös Siemensin SIPLUS – sarjaa, joka on tarkoitettu vaativiin ympäristöolosuhteisiin. Valinta on tehty sen takia, koska hajautusasema altistuu metaanille, jota syntyy jäteveden käsittelyssä.



KUVIO 1. ET200S Hajautusasema

3.3 Logiikan ohjelmointi

SIMATIC S7-400:n ohjelmointi tapahtuu Siemensin kehittämällä STEP7-suunnittelutyökalulla. Suunnittelija luo ohjelman, joka ladataan logiikan muistiin. Suunnittelussa on mahdollista valita eri ohjelmointikieliä, mutta tässä työssä on pääasiassa käytetty FBD – kieltä (Function block diagram).

3.4 Valvomo

Prosessi on esitetty valvomossa, jossa on kaksi PC:tä. Näiltä koneilta nähdään laitteiden tilat, mittaukset, annettavat ohjaukset ja voidaan muuttaa haluttuja arvoja, esim. säätimien asetusarvoja. Sovelluksena käytetään Siemensin tuoteperheen WinCC – valvomosovellusta. WinCC on yleisessä käytössä prosessien esittämisessä.

Tässä työssä ei paneuduta valvomoon tuleviin muutoksiin vaan keskitytään pelkästään sovellussuunnitteluun. (Siemens AG 2014.)

3.5 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajalla pystytään säätämään sähköverkosta saatavaa taajuutta, joka Suomessa on 50 Hz. Oikosulkumoottorit pyörivät aina samalla nimellisnopeudella, jos ne kytketään suoraan sähköverkkoon. Tästä syystä taajuusmuuttajat ovat monessa kohteessa tarpeellisia. Ennen taajuusmuuttajien yleistymistä on moottorin tuottamaa voimaa jouduttu rajoittamaan muilla keinoilla. Esim. jos on haluttu säätää pumpun tuottamaa virtausta, on sitä saatu pienennettyä kuristamalla virtausta venttiilien avulla tai pysäyttämällä pumppu aina välillä. Tämä ei ole kovin taloudellinen ratkaisu, koska ensin käytetään energiaa, jotta saadaan aikaan virtaus ja sen jälkeen käytetään vielä lisää energiaa, jotta saadaan pienennettyä virtausta. Taajuusmuuttajan avulla voidaan pienentää jo alkuperäistä virtausta, jolloin energiatehokkuus on huomattavasti parempi.

Taajuusmuuttajat ovat kehittyneet paljon niiden kehittämisestä lähtien, mutta perusidea on pysynyt samana. Nykyään monet taajuusmuuttajat ovat niin kehittyneitä, että niitä voitaisiin käyttää jo ilman logiikkaa ja pystyvät toimimaan pienemmissä kohteissa itsestään.

Tulopumppaamon pumppujen nopeuden säädöstä vastaa ABB:N ACS550 – taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajilla saadaan pumppujen pyörimisnopeutta säädettyä ja saadaan tieto todellisesta nopeudesta, tehosta, virran kulutuksesta ja momentista. Taajuusmuuttajien avulla saadaan ohjauksesta joustavampi, koska kunkin pumpun nopeutta voidaan säätää. Liittäminen logiikkaan tapahtuu Profinetin avulla ja käytössä on myös ABB:n RETA-02 Ethernet adapteri, jonka avulla taajuusmuuttajaan voidaan viedä tiedot Profinetillä. Kaikki tarpeellinen tiedonsiirto saadaan suoritettu Profinetin ja adapterin avulla, kuten ohjauskomennot (käynnistys,

pysäytys, käynnistymisen salliminen jne.), nopeusohjeen syöttäminen, todellisten arvojen lukeminen ja taajuusmuuttajan parametrien muuttaminen. (ABB 2014.)

3.6 Profinet

Profinet on tiedonsiirtoon käytettävä teollisuus-Ethernet-standardi. Erona tavalliseen toimistossa käytettävään Ethernetiin on determinisyys eli ennustettavuus. Tämän avulla tiedonsiirto on nopeampaa. Mahdollisimman nopea tiedonsiirto automaatiassa on tärkeää, jotta tiedon kulku on reaaliaikaista. Koska Profinet pohjautuu Ethernet-protokollaan, on mahdollista tehdä tiedonsiirtoa myös langattomasti. (Siemens AG 2014.)

Profinetin etuna on se, että yhdellä kaapelilla pystytään hoitamaan kaikki logiikan ja väylälaitteen välinen tiedonsiirto. Tässä tapauksessa väylälaitteena on taajuusmuuttaja, josta pystytään siirtämään paljon erilaista tietoa logiikalle ja sitä kautta käyttäjälle. Aikaisemmin tiedonsiirrossa on käytetty yksittäisiä kaapeleita tai moniparisia kaapeleita. Tällöin yhdellä johdinparilla on saatu esim. käynnistettyä taajuusmuuttaja ja toisella parilla on saatu annettua nopeusohje. Käynnistämiskäsky on binäärinen käsky, eli sillä on vain kaksi eri tilaa joko nolla tai yksi. Tämä saadaan aikaan siten, että kun käsky on pois päältä, kaapelissa ei kulje virtaa, ja kun käsky on päällä, kytketään siihen virta. Nopeusohje on analoginen tieto, jolloin kaapelissa kulkee koko ajan virta, mutta sen suuruutta säädellään. Jos käytetään aluetta 4 – 20 mA, niin miniminopeusohje annetaan säätämällä virta 4 mA:iin ja maksiminopeus annetaan säätämällä virta 20 mA:iin.

Väyläkaapelissa ei tarvitse tehdä erillisiä säätöjä virran ja jännitteen suhteen, mikä tekee siitä helpoin ratkaisu. Väylän käyttäminen tietysti edellyttää, että käytettävä laite on siihen sopiva. Vanhoissa taajuusmuuttajissa onkin käytettävä perinteistä tiedonsiirtoa, mutta väylälaitteet lisääntyvät teollisuudessa vähitellen, ja kun on

tarpeellista tehdä uusia laitehankintoja, hankitaan silloin yleensä uudempaa tekniikkaa myös.

4 Sovellussuunnittelu

4.1 Lähtökohdat

Ensimmäisessä vaiheessa työtä tutustuin tulopumppaamon toimintaselostukseen. Sen oli laatinut FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy – niminen suunnittelutoimisto Jyväskylästä. Tulopumppaamolla oli tehty aiemmin kapasiteettitarkastelua ja tämän pohjalta on tehty laskelmia kuinka pumppauskapasiteettia voitaisiin parantaa. Tällä hetkellä pumpuista neljää ohjataan ABB:n taajuusmuuttajilla ilman väyläratkaisua eli logiikan analogiseen lähtöön kirjoitetaan ohjelmalla milliampeeriviesti 4 – 20 mA ja tämän viestin perusteella saadaan nopeutta muutettua. Kahta pumppua ohjataan suoraan päälle tai pois, eli niiden nopeutta ei voida säätää. Lopullisessa tilanteessa kaikkia pumppuja tullaan ohjaamaan taajuusmuuttajilla ja jokainen niistä on liitetty logiikkaan Profinetin avulla.

Tulopumppaamossa on kaksi allastilaa ja kummassakin kolme pumppua. Vanhalla sovelluksella niitä on ohjattu altaiden pinnankorkeuden mukaan siten, että tietyllä pinnankorkeudella on aina haluttu määrä pumppuja käynnissä. Nopeuden säätäminen on myös ollut hankalaa, koska kahta pumppua ei ole varustettu taajuusmuuttajilla, ja tämän takia ne pyörivät aina vakionopeudella.

Uudessa sovelluksessa pumppujen nopeusohje taajuusmuuttajille annetaan taajuutena eikä prosentteina, kuten yleisesti on tapana tehdä. Taajuusohje lasketaan molempien altaiden pinnankorkeuden mukaan niin, että lasketaan pintamittauksista keskiarvo, jota käytetään määräävänä tietona pumppujen käynnistämisessä ja pysäyttämässä. Aina kun taajuus ylittää tietyn raja-arvon, käynnistetään uusi pumppu ja sama toisinpäin, eli aina kun taajuus menee alle tietyn raja-arvon,

pysäytetään yksi pumppu. Kaikkia käynnissä olevia pumppuja ohjataan myös yhdellä ja samalla taajuudella, mikä parantaa joustavuutta virtaaman säädössä ja tämä taas johtaa siihen, että käynnistys- ja pysäytyskertoja tulee merkittävästi vähemmän.

Kaikkia pumppuja halutaan käyttää tasaisin väliajoin, jotta pumppusyvennyksiin ei kerry lietettä. Käynnistymisjärjestystä halutaan myös vaihtaa, jotta samalla pumpulle ei tule peräkkäisiä käynnistymiä. Erilaisia käynnistysjärjestyksiä on kuusi ja jokainen näistä kuudesta jaksosta kestää 50 minuuttia, minkä jälkeen vaihdetaan seuraavaan käynnistysjärjestykseen. Myös siinä tapauksessa, että pinnankorkeus laskee niin pieneksi, että ei yhtäkään pumppua tarvitse pitää käynnissä, vaihdetaan seuraavaan jaksoon. Tällä estetään se, että sama pumppu ei käynnistä kahta kertaa peräkkäin.

	Imuallas 1			Imuallas 2			aika-askel
	TP01	TP02	TP03	TP04	TP05	TP06	
käynnistysjärjestys	1	3	5	2	4	6	0:00
	6	2	4	1	3	5	0:50
	5	1	3	6	2	4	1:40
	4	6	2	5	1	3	2:30
	3	5	1	4	6	2	3:20
	2	4	6	3	5	1	4:10
	1	3	5	2	4	6	5:00
Ensimmäisenä käynnissä oleva pumppu vaihdetaan 50 min välein.							

KUVIO 2. Käynnistysjärjestys

4.2 Jaksotuksen suunnittelu

Sovelluksen suunnittelun aloitin miettimällä ratkaisua jaksotuksen tekemiseen. Step7 – ohjelmassa on erillisiä osuuksia, jotka suoritetaan syklisesti aina tietyin väliajoin. Näiden avulla pystyy luomaan erilaisia aikalaskureita. Tässä tapauksessa tarvittiin laskuria, joka antaa pulssin aina kun minuutti oli kulunut. Tämän avulla pystyttiin laskemaan minuutteja ja missä jaksossa ollaan menossa.

Laskuriin lisätään aina yksi integer eli kokonaisluku, kun minuutti on kulunut.

Laskurissa olevaa lukua verrataan aina joka jaksolle annettuihin lukuihin. Esimerkiksi jos laskurissa on arvo väliltä 0 – 49, on käynnissä ensimmäinen jakso. Jos taas arvo on väliltä 50 – 99, on käynnissä toinen jakso. Kun laskurin arvo on 300 ja jakso kuusi on juuri päättynyt, nollataan laskuri ja aloitetaan taas jaksosta yksi. Kaikkien pumppujen ollessa seis hypätään seuraavaan jaksoon, kirjoittamalla laskuriin esimerkiksi arvo 50, jos käynnissä on ensimmäinen jakso ja pumppuja ei tarvita.

4.3 Pumppujen määrän laskeminen ja nopeuden säätö

Sovelluksessa käytetään PID-säädintä, joka löytyy Step7 – ohjelmasta valmiina ja on siten helposti käytettävissä. Säätimeen tuodaan prosessinmuuttujan arvo, jota verrataan säätimeen asetettavaan asetusarvoon. Näiden perusteella säädin laskee ohjausarvon laitteelle, jonka toiminta vaikuttaa prosessimuuttujan arvoon. Kaikki nämä tiedot voidaan parametroida siten, että pystytään asettamaan maksimi- ja minimiarvoja. Säätimelle annetaan myös vahvistusarvo, integrointiaika ja derivointiaika. Nämä vaikuttavat mm. siihen kuinka nopeasti säädin reagoi muutoksiin ja kuinka suurella voimakkuudella.

Pumppujen ohjauksessa prosessimuuttujana käytetään allastilojen pintamittausten keskiarvoa. Asetusarvona käytetään haluttua pinnankorkeutta, joka on tässä tapauksessa 50 %, mutta arvo on muutettavissa valvomosta. Säätimen antama ohjearvo, eli taajuusarvo taajuusmuuttajille, rajoitetaan välillä 45 – 53 Hz. Näiden tietojen perusteella säädin laskee sopivan ohjearvon, joka syötetään kaikille taajuusmuuttujille.

Aina kun taajuuden ohjearvo ylittää 51 Hz:ä lisätään pumppujen määrää yhdellä eli käynnistetään se pumppu, jolla on pienin järjestysnumero tämän hetkiselä jaksolla. Tämän jälkeen käynnissä olevien pumppujen taajuus asetetaan 48 Hz:iin ja pidetään siinä hetken aikaa, jotta pinnankorkeus stabiloituu. Kun hetken aikaa on kulunut,

aletaan säätimellä laskea uutta ohjearvoa. Toisinpäin tilanne menee siten, että kun taajuuden ohjearvo alittaa 46 Hz:ä pysäytetään viimeisimpänä käynnistetty pumppu ja asetetaan pumppujen taajuus taas hetkeksi 48 Hz:iin.

Jos pumppuja on vain yksi käynnissä, on alin ohjearvo mitä syötetään 45 Hz:ä. Tätä syötetään hetken aikaa ja jos pinnankorkeus on edelleen alle asetusarvon, pysäytetään myös viimeinen pumppu. Kun kaikki pumpput ovat käynnissä, niin maksimitaajuus mitä syötetään, on 53 Hz:ä. Koska pumppujen säätö onnistuu alueella 46 – 51 Hz:ä ilman lisäyksiä tai vähennyksiä, on toiminta joustavampaa ja pystytään välttämään turhia käynnistymisiä ja pysäytyksiä.

4.4 Huuhtelutyhjennys

Imualtaille tehdään kerran vuorokaudessa huuhtelutyhjennys, jolloin altaiden pinta lasketaan 15 %:iin. Huuhtelutyhjennys tehdään silloin, kun tulovirtaama on pienimmillään eli käytännössä aamuyöllä. Aika on kuitenkin muutettavissa valvomosta. Vanhassa sovelluksessa on käytössä vuorokauden tuntilaskuri ja minuuttilaskuri. Käyttäjän antamia arvoja verrataan laskureiden arvoihin, ja kun nämä arvot täsmäävät, käynnistetään huuhtelu. Huuhtelussa kaikki pumpput pyörivät 50 Hz:n nopeudella niin kauan, kunnes pinnankorkeus altaissa on 15 %.

4.5 Pinnakorkeuden mukaan ohjaaminen

Tulopumppaamon pumppuja on mahdollista ohjata myös erillisellä varalogiikalla. Tämä on toteutettu siitä syystä, jos vaikka varsinainen logiikka on pois käytöstä esim. huoltotöiden tai vikatilanteen takia. Varalogiikka on erillään muusta järjestelmästä, joten sen toiminta on siitä riippumatonta. Kun ohjataan varalogiikalla, ei pumppujen ohjausta tehdä taajuusmuuttajilla, vaan niitä ohjataan ainoastaan kontaktoreiden avulla päälle tai pois. Pumppujen tarve määritetään pinnankorkeuden mukaan.

Pintarajoille asetetaan myös hystereesi, jotta vältetään sellaisesta tilanteesta, että pinta on juuri jollain rajalla, ja yksi pumppu käynnistyy ja pysähtyy jatkuvasti.

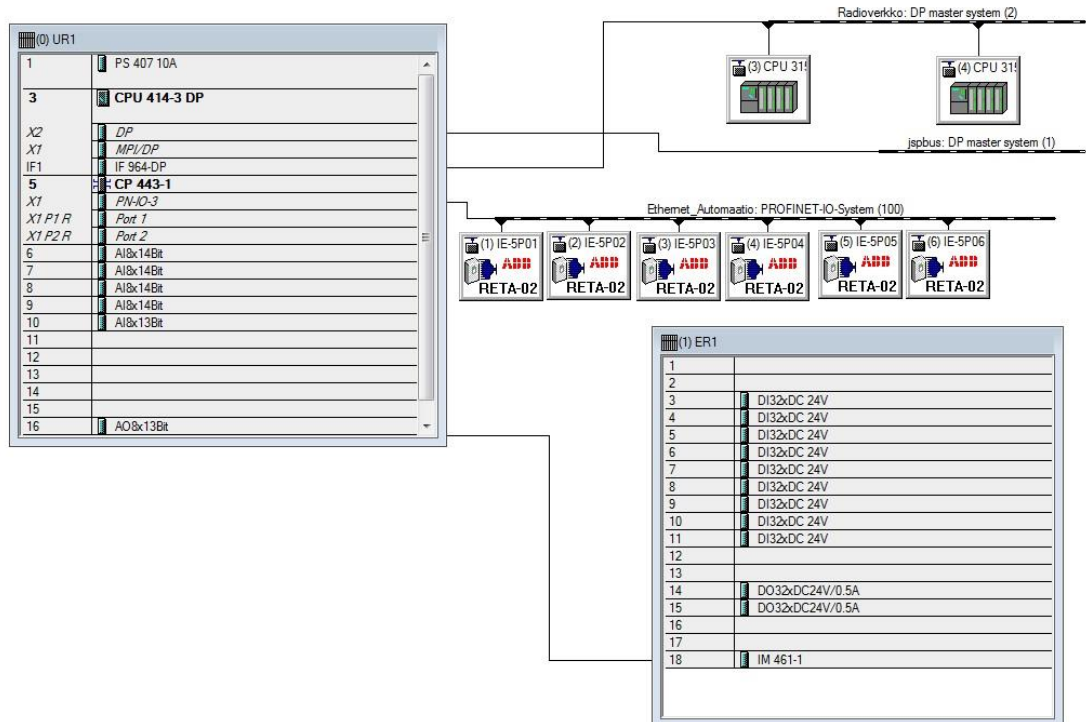
Pinta > 70 %	6 pumppua
Pinta > 65 %	5 pumppua
Pinta > 60 %	4 pumppua
Pinta > 55 %	3 pumppua
Pinta > 50 %	2 pumppua
Pinta > 45 %	1 pumppu
Pinta < 45 %	0 pumppua

KUVIO 3. Pumppujen ohjeellinen ajotapataulukko

Rajat määritetään ladattaessa ohjelma logiikkaan ja uudelleen lataamalla niitä voidaan muuttaa. Sama käytäntö on myös hystereesin kanssa.

4.6 HW-konfigurointi

Jokaiseen logiikkaan täytyy tehdä sitä käytettäessä Hardware-konfigurointi. Siinä määritellään minkä tyyppinen ja mallinen logiikka on kyseessä. Määrittävänä on myös kaikki siihen tulevat osat, kuten digitaali- ja analogiakortit, joilla ohjataan prosessia ja kerätään prosessin tiedot. Kaikki nämä osoitteet ovat muutettavissa ja näille osoitteille voidaan antaa symbolinen nimi ohjelmoinnin helpottamiseksi. Tässä tapauksessa täytyy määritellä myös Ethernet – väylä, johon taajuusmuuttajat liitetään.



KUVIO 4. Logiikan HW-konfigurointi

Taajuusmuuttajat määritellään PPO tyyppiä 4. PPO – tyyppi tarkoittaa kuinka iso osoiteavaruus on varattu tiedonsiirrolle logiikan ja taajuusmuuttajan välillä. PPO-04:ssä osoiteavaruus on 12 tavua ja tietoa kirjoitetaan saman verran logiikkaan kuin sitä luetaankin. Logiikkaan päin tiedon mennessä, käytetään siitä nimitystä ohjaussana. Tämä ohjaussana on pituudeltaan kaksi tavua, joka on yhtä kuin yksi sana. Se varaa kaksi ensimmäistä tavua. Tavussa on kahdeksan bittiä, jotka voivat olla arvoltaan nolla tai yksi eli päälle tai pois. Ohjaussanassa määritetään mm. käynnistyskomento, pysäytyskomento ja hälytysten resetointi. Muita tietoja, joita taajuusmuuttajaan kirjoitetaan, on nopeusohje, joka tässä tapauksessa annetaan taajuutena ja sen koko on myös kaksi tavua. Nopeusohje varaa tavut kolme ja neljä. Nopeuden voi antaa myös esimerkiksi lukuna 0 – 20 000. Taajuusmuuttajaan täytyy parametroida, millä nopeudella pumput pyörivät tietyllä taajuudella.

Taajuusmuuttajasta logiikkaan saatavasta tiedosta käytetään nimitystä tilasana. Myös se on kahden tavun kokoinen sisältäen siis 16 bittiä. Tilasanassa saadaan eri tietoja logiikasta, kuten onko se valmiina käynnistymään tai onko taajuusmuuttajassa

hälytys. Logiikasta saadaan tiedot taajuudesta, jolla pumppua pyöritetään, sen käyttämä virta ja teho sekä momentti. Nämä tiedot esitetään valvomossa ja niitä voidaan tallentaa tietokantaan ja katsoa niistä graafista esitystä. Tietojen perusteella voidaan parantaa ohjausta esim. rajoja muuttamalla, jotta pumppujen ohjauksesta saadaan mahdollisimman joustava ja mukautuva. Virtaama allastilaan vaihtelee vuorokauden ajan mukaan, koska esimerkiksi yöllä ihmisillä ei ole veden käytölle niin kovaa tarvetta.

4.7 Pumppujen ohjaus

Pumppuja ohjataan kutsumalla ohjelmassa pumpuille tehtyä Function Blockia ohjelmakierrossa. Jokainen pumppu kutsutaan erikseen käyttäen kuitenkin samaa Function Blockia. Kaikille pumpuille on määritetty oma Data Block, johon tiedot tallennetaan. Yhteiseen Function Blockiin määritellään tulevat tiedot ja lähtevät tiedot. Tulevia, eli blockiin kirjoitettavia tietoja, ovat mm. automaattiohjauksen tai manuaaliohjauksen valinta, lukitukset, jotka estävät pumpun käynnistymisen, käynnistyskomento ja pysäytyskomento. Lähteviä tietoja, eli tietoja joita saadaan blockista, on mm. valvomossa esitettävät taajuus, virta, teho ja momentti.

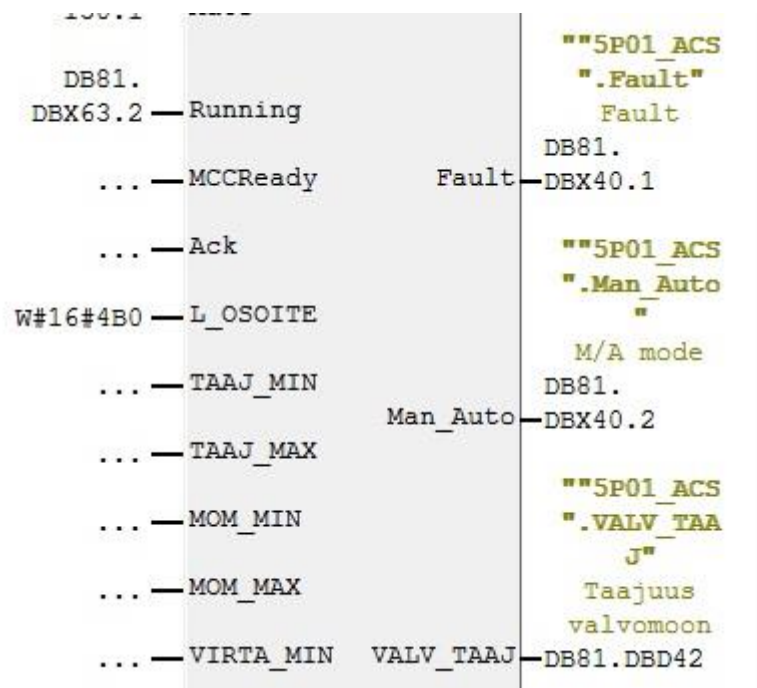
Pumpuille on HW-konfiguroinnissa annettu omat yksilölliset osoitteet ja nämä osoitteet tulee antaa myös blockissa, jotta tiedetään mitä taajuusmuuttajaa ohjataan ja saadaan myös oikeat tiedot takaisin logiikkaan taajuusmuuttajalta. Nämä osoitealueet sisältävät kaiken mahdollisen tiedonsiirron logiikan ja taajuusmuuttajan välillä. Jokainen tieto on määritetty tiettyyn kohtaan osoiteavaruutta, jotta pystytään ohjaamaan taajuusmuuttajia halutulla tavalla.

Yksi tärkeimmistä tiedoista, joka kutsuun täytyy kirjoittaa, on nopeusohje. Tätä ohjetta käsitellään Function Blockissa ja käsitelty tieto vietään taajuusmuuttajalle. Tässä työssä nopeusohjeena käytetään säätimen antamaan taajuutta. Annettu taajuus skaalataan sopivaksi ennen siirtoa taajuusmuuttajaan. Taajuusmuuttaja

parametroidaan siten, että se saadaan pyörimään täsmälleen samalla taajuudella, kuin mitä nopeusohje säätimeltä on.

(1) IE-5P01							
Slot	Module	Order number	I address	Q address	Diagnostic address:	Comment	
0	IE-5P01	68840830			81,79"		
1	Vendor Object PPO4	68840830	1200...1211	1200...1211			

KUVIO 5. P01 osoite HW-konfiguroinnissa



KUVIO 6. P01 osoite pumpun kutsussa

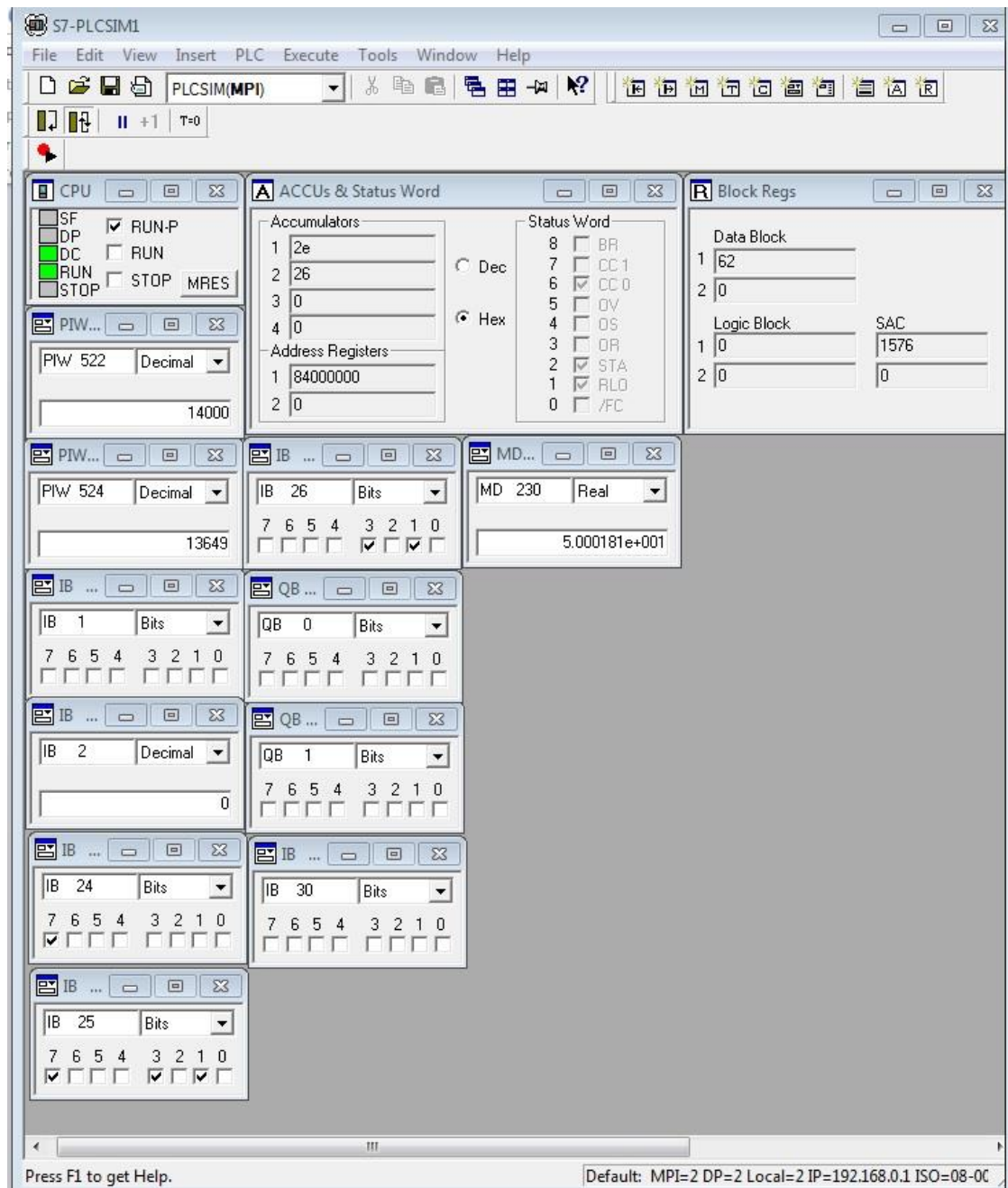
5 Simulointi

Simatic Managerissa on simulointi mahdollista, minkä ansiosta toimintoja voidaan tarkastella turvallisesti toimistolla. Simuloinnissa käytetään oikean logiikan sijaan virtuaalilogiikkaa, johon kaikki samat piirit ladataan, kuin oikeassa logiikassakin. Virtuaalilogiikan tuloja voidaan muuttaa ja esimerkiksi tässä työssä käytetään

pinnanmittausta ja niiden raaka-arvoja eli arvoja, jotka tulevat suoraan mittauksesta, voidaan muuttaa. Mittauksesta saatava raaka-arvo on välillä 0 – 20 mA, joka on skaalattuna kokonaislukuna 0 – 27 648. Tämä skaalataan ohjelmassa altaan pinnankorkeudeksi välille 0 – 100 %. Simuloinnissa kirjoitetaan pinnanmittauksien tulo-osoitteisiin kokonaislukuja ja niiden skaalattuja arvoja voi tarkastella Variable Table – ikkunassa. Esimerkiksi raaka-arvo 14 000 on skaalattuna 50,64 %.

Variable Table – ikkunassa voidaan muuttaa Data Blockien arvoja ja esimerkiksi normaalisti valvomosta saatavat ohjaukset voidaan simuloinnin aikana tehdä tässä ikkunassa. Tätä työtä simuloidessani tarkastin, että pumppujen järjestys ja ohjaus tapahtuu annetun toimintakuvauksen mukaisesti. Myös vikatilanteet pystyy käymään läpi laittamalla jonkun pumpun lukituksen päälle. Jaksotusta pystyy seuraamaan Variable Tablesta ja katsomaan, että jakso vaihtuu oikeassa vaiheessa.

Simuloinnin ideana on löytää ohjelman mahdolliset toimimattomuudet, jotta käyttöönottilanne olisi mahdollisimman joustava. Käyttöönoton tulisi sujua myös melko nopeasti, sillä pumppuja joutuu tällöin ajamaan käsiajolla. Simuloidessani pystyin testaamaan esimerkiksi jakson vaihtumista silloin, kun kaikki pumput ovat pysähtyneenä. Kun olin saanut ratkaisun tehtyä, latasin uuden version ohjelmasta virtuaalilogiikkaan ja testasin toimintaa ja jos toiminta ei ollut kunnossa, oli muutoksia helppo tehdä. Ensimmäiset versiot jakson vaihtumisessa eivät toimineetkaan ja tällöin olikin helppo tehdä muutokset ja katsoa toimintaa uudelleen.



KUVIO 7. Virtuaalilogiikka

Var - [Pumppujen ohjaus -- @20140711\Log5\CPU 414-3 DP\log5 ONLINE]					
Table Edit Insert PLC Variable View Options Window Help					
	Address	Symbol	Display format	Status value	Modify value
4	DB13.DBX 92.1	"Pumppujen_asetukset".P01_vuorossa	BOOL	true	
5	DB13.DBX 92.2	"Pumppujen_asetukset".P02_vuorossa	BOOL	false	
6	DB13.DBX 92.3	"Pumppujen_asetukset".P03_vuorossa	BOOL	true	
7	DB13.DBX 92.4	"Pumppujen_asetukset".P04_vuorossa	BOOL	false	
8	DB13.DBX 92.5	"Pumppujen_asetukset".P05_vuorossa	BOOL	true	
9	DB13.DBX 92.6	"Pumppujen_asetukset".P06_vuorossa	BOOL	true	
10	DB84.DBX 0.7	"5P04_ACS".Field_Auto	BOOL	false	
11	DB84.DBX 1.0	"5P04_ACS".Running	BOOL	false	
12	DB84.DBX 1.1	"5P04_ACS".MCCReady	BOOL	false	
13	DB85.DBX 0.7	"5P05_ACS".Field_Auto	BOOL	false	
14	DB85.DBX 1.0	"5P05_ACS".Running	BOOL	false	
15	DB85.DBX 1.1	"5P05_ACS".MCCReady	BOOL	false	
16	DB86.DBX 0.7	"5P06_ACS".Field_Auto	BOOL	false	
17	DB86.DBX 1.0	"5P06_ACS".Running	BOOL	false	
18	DB86.DBX 1.1	"5P06_ACS".MCCReady	BOOL	false	
19	DB81.DBX 40.0	"5P01_ACS".Output	BOOL	false	
20	DB82.DBX 40.0	"5P02_ACS".Output	BOOL	false	
21	DB83.DBX 40.0	"5P03_ACS".Output	BOOL	false	
22	DB84.DBX 40.0	"5P04_ACS".Output	BOOL	false	
23	DB85.DBX 40.0	"5P05_ACS".Output	BOOL	false	
24	DB86.DBX 40.0	"5P06_ACS".Output	BOOL	false	
25	DB10.DBD 20	"Tulopumppujen_saadin".GAIN	FLOATING_POINT	-1.0	1.0
26	MD 224	"Tulopumput_tajuuohje"	FLOATING_POINT	48.08598	
27	MW 160	"LKM-TARVE"	DEC	4	
28	MW 162	"JAKSO"	DEC	4	
29	MW 176	"LASKURI_SEC"	DEC	182	
30	DB150.DBW 8	"KELLO_DB".TUNNIT	DEC	9	
31	DB150.DBW 10	"KELLO_DB".MINUUTIT	DEC	38	
32	DB410.DBD 24	"Analogia_mittaukset real".LICA02	FLOATING_POINT	50.63657	
33	DB410.DBD 28	"Analogia_mittaukset real".LICA03	FLOATING_POINT	49.36704	
34	MD 230	"LICA_Keskiarvo"	FLOATING_POINT	50.00181	
35	DB10.DBX 0.1	"Tulopumppujen_saadin".MAN_ON	BOOL	false	
36	DB81.DBX 0.1	"5P01_ACS".Auto	BOOL	false	
37	DB13.DBD 84	"Pumppujen_asetukset".Hetkellistaajuus	FLOATING_POINT	48.0	
38	DB13.DBX 92.0	"Pumppujen_asetukset".Tulopumppaamo_automode	BOOL	true	

KUVIO 8. Variable Table

6 Vanhan ohjelman tarkastelu

Yksi työn vaikeimmista vaiheista oli selvittää vanhan ohjelman toiminta. Vaikeaksi tämän osuuden teki se, että ohjelma on jo olemassa oleva. Jos lähtisi luomaan täysin uutta ohjelmaa, olisi kaikki eri osuudet hallinnassa, eikä tarvitsisi selvitystyötä.

Esimerkiksi muuttujat, jotka ovat yhteisiä kaikkialla ohjelmassa, piti tarkastaa, jotta ei

tule päällekkäisyyksiä. Jos samaa muuttujaa ohjattaisiin kahdesta eri paikasta, saattaisi se oleellisesti vaikuttaa ohjelman kulkuun ja toimintaan.

Step7 sovelluksessa on käytössä Symbol Table ja siinä pystyy määrittämään nimen ja kommentin jokaiselle muuttujalle, ja tämä onkin hyödyllinen toiminto päällekkäisyyksien ehkäisemiseksi. Joskus tulee kuitenkin tilanteita, että ohjelmaan pitää tehdä muutoksia ajotilanteessa, ja tällöin kommentointi saattaa jäädä puutteelliseksi. Myöhemmin olisikin syytä kommentoida myös nämä muuttujat, jottei käytetä samaa muuttujaa kahdessa eri paikassa.

Ohjelmointia on mahdollista tehdä eri kielillä Step7 sovelluksessa. Käytössä on Ladder logic (LAD), Function block diagram (FBD) ja Structured text language (STL). Näistä LAD ja FBD ovat grafiikkapohjaisia, mikä tekee niiden ohjelmoinnista helpompaa. STL on tekstipohjainen, mikä tekee siitä taas hieman hankalamman, mutta samalla sillä on laajemmat ohjelmointimahdollisuudet. Koulussa ja työharjoittelussa olen käyttänyt lähinnä FBD:tä, joten kun tässä työssä jouduin tutustumaan myös STL:ään, vaati hieman aikaa, jotta ymmärsin ohjelman. Esimerkiksi pinnanmittausten käsittely on tehty STL – ohjelmointikielellä. Itse tein kaikki uudet tarvittavat osuudet FBD:tä käyttäen.

Nenäinniemen logiikan ohjelmointia on ollut eri vaiheissa tekemässä monta eri henkilöä, mikä aiheuttaa pientä epäjohdonmukaisuutta, koska kaikilla on hieman eri tapa tehdä asioita ja ohjelmoinnissa ei ole yhtä oikeaa ratkaisua, vaan saman asian voi toteuttaa hyvin monilla eri tavoilla.

Vanhan ohjelman tarkastelussa otin huomioon vain nykyiset ohjaukset pumpuille ja missä kaikkialla on viittauksia näihin. Step7 sovelluksessa on Reference data – työkalu, jolla pystyy näkemään minkä tahansa muuttujan, inputin tai outputin viittaukset ja myös sen missä blockissa viittaukset ovat.

Ref - [log5 (Cross-references) -- 20140711\Log5\CPU 414-3 DP]

Reference Data Edit View Window Help

No filter

Address (symbol)	Block (symbol)	Ty	Langu	Location	Location
Q 0.2 (5P2_On)	FB42 (TULOPUMPPAA...	R	LAD	NW 53 /AN	NW 54 /A
	FB45	R	LAD	NW 17 /AN	NW 18 /A
	FB121 (TULOP-VANHA...	R	LAD	NW 34 /AN	NW 35 /A
	FC210 (Pumppaamo_1)	R	FBD	NW 11 /A	NW 11 /AN
		W	FBD	NW 12 /CALL	
Q 0.4 (Q0.4)	FB42 (TULOPUMPPAA...	R	LAD	NW 61 /AN	NW 62 /A
Q 0.5 (5P3_On_Vanha)	FB42 (TULOPUMPPAA...	R	LAD	NW 66 /O	NW 106 /AN
Q 0.6 (P04 KÄSIOHJ_VALVOMOSTA)	FB42 (TULOPUMPPAA...	R	LAD	NW 69 /AN	NW 70 /A
Q 1.0 (5P5_On)	FB42 (TULOPUMPPAA...	R	LAD	NW 75 /AN	NW 76 /A
Q 1.2 (Q1.2)	FB42 (TULOPUMPPAA...	R	LAD	NW 80 /AN	NW 81 /A

KUVIO 9. Reference data – työkalu

Esimerkiksi pumppu P02 ohjattiin ennen päälle laittamalla lähtö Q0.2 päälle. Siihen viitattiin neljässä eri blockissa. Yhdessä niistä kirjoitettiin arvo ja muissa tarkasteltiin, että missä tilassa lähtö on.

Uudessa ohjelmassa pumppujen ohjaus tapahtuu väylää pitkin, joten vanhat tulot ja lähdöt jäävät tällöin pois käytöstä. Vanhat blockit on hyvä poistaa kanssa, jotta ohjelma pysyy selkeänä ja joku muu pystyy ymmärtämään pumppujen ohjaukset myös. Olen kommentoinut kaikki tekemäni blockit, jotta niitä olisi mahdollisimman helppo lukea ja ymmärtää.

7 Käyttöönotto

7.1 Aloitus

Pumppaamalla kuudesta pumpusta kahdessa pumpussa ei ollut aiemmin taajuusmuuttajaa, joten näistä pumpuista aloitettiin käyttöönotto. Pumppujen ohjaukset olivat vielä tässä vaiheessa tehty sillä tavalla, että niitä pystyttiin tarvittaessa ajamaan käsikäytöllä. Tämä oli siltä varalta, jos tulevan jäteveden virtaama sattuu olemaan jossain vaiheessa niin suuri, että neljällä pumpulla ei saada riittävää virtausta altaasta pois.

Ennen kuin pumppujen ohjauksia ja kytkentöjä alettiin muuttaa, oli tärkeää saada muodostettua yhteys taajuusmuuttajaan väylän kautta, jotta pumpput voitaisiin ottaa nopeasti käyttöön. Taajuusmuuttajille oli tässä vaiheessa kytketty jo sähköt ja yhteyttä pystyttiin testaamaan. Itse en ollut ennen ohjannut taajuusmuuttajaa väylän kautta, joten pääsin työn ohessa opiskelemaan tätä. Koska pumppujen piti olla toiminnassa koko ajan, oli helppo aloittaa niistä pumpuista, joita ei tällä hetkellä ohjattu automaattisesti logiikan avulla. Uutta ohjelmaa en ottanut käyttöön vielä tässä vaiheessa, vaan laitoin vanhan pumpun ohjauksen tilalle uuden pumpun ohjauksen. Vasta siinä vaiheessa kun kaikki pumpput ovat liitettynä väylään, ottaisin uuden ohjelman käyttöön.

Yhteyttä taajuusmuuttajaan ei saatu aluksi muodostettua. Kävin läpi monet eri kohdat ja tarkastin parametrit, jotka syötin taajuusmuuttajaan. Erityisesti väyläkäyttöön liittyvät parametrit kävin läpi useaan kertaan. Tässä vaiheessa pyysin toimistolta vanhempaa insinööriä avuksi selvittämään asiaa, mutta lopulta kun olimme myös Siemensin suoraan yhteydessä, selvisi, että Ethernet-adapteri oli väärän tyyppinen. Puhdistamolle tilatut adapterit toimivat eri protokollalla, kuin mitä Siemens tuotteet. Uudet adapterit tilattiin ja niitä odotellessa meni noin puolitoista viikkoa. Tänä aikana pystyin tekemään valvomoon tarvittavia muutoksia. Koska kahta pumppua ei enää ohjattu logiikan avulla, pystyin tekemään niiden muutokset jo valmiiksi.

WinCC -valvomon hallintaohjelmistolla tein valmiiksi tarvittavat tagit, eli annoin osoitteet, joiden avulla tiedonsiirto onnistuu operaattorin käyttämän valvomon ja taajuusmuuttajia ohjaavan logiikan välillä. WinCC:ssä annetaan osoite, viitataan logiikassa ja tälle annetaan jokin selkeä ja kuvaava nimi. Esimerkiksi kun taajuusmuuttajia halutaan ohjata automaattitilaan, täytyy niille antaa komento valvomosta. Pumppua yksi ohjattaessa automaattitilaan täytyy laittaa sitä ohjaava bitti päälle. Tagin nimeksi muodostuu tässä tapauksessa

”5P01_automode_command”, jossa ”5” tarkoittaa logiikkaa, johon viitataan, ”P” tarkoittaa pumpppua ja ”01” tarkoittaa mitä pumpppua. Seuraavaksi annetaan osoite WinCC:ssä mitä kyseinen tagi ohjaa. Jokaisella pumpulla on oma Data Blocki, johon tallennetaan tiedot ja joita voidaan muuttaa. Pumpun yksi automaattitilan ohjauksen osoite on DB81.DBX0.1. ”DB” tarkoittaa Data Blockia, ”81” tarkoittaa blockin järjestysnumeroa, ”DBX” tarkoittaa kuinka isoon osoiteavaruuteen viitataan, mikä on tässä tilanteessa yksi bitti ja se voi saada ainoastaan arvon 1 tai 0. ”0.1” on Data Blockin sisäinen osoite, johon viitataan.

DB Param - [DB81 -- 20140909\Log5\CPU 414-3 DP]							
Data block Edit PLC Debug View Window Help							
	Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1	0.0	in	Manual	BOOL	FALSE	FALSE	Manual Mode Command
2	0.1	in	Auto	BOOL	FALSE	FALSE	Auto Mode Command
3	0.2	in	ManStop	BOOL	FALSE	FALSE	Manual Stop Command
4	0.3	in	ManStart	BOOL	FALSE	FALSE	Manual Start Command
5	0.4	in	AutoStop	BOOL	FALSE	FALSE	Auto Stop Command
6	0.5	in	AutoStart	BOOL	FALSE	FALSE	Auto Start Command
7	0.6	in	Interlock	BOOL	FALSE	FALSE	Interlock
8	0.7	in	Field_Auto	BOOL	FALSE	FALSE	Field Switch on Auto Mode
9	1.0	in	Running	BOOL	FALSE	FALSE	Running Feedback
10	1.1	in	MCCReady	BOOL	FALSE	FALSE	MCC Ready
11	1.2	in	Ack	BOOL	FALSE	FALSE	Alarm Acknowledgment
12	2.0	in	L_OSOITE	WORD	W#16#0	W#16#0	Taajuusmuuttajan väyläosoite
13	4.0	in	TAAJ_MIN	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Taajuusmittaus skaalaus alaraja
14	8.0	in	TAAJ_MAX	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Taajuusmittaus skaalaus yläraja
15	12.0	in	MOM_MIN	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Momenttimittaus skaalaus alaraja
16	16.0	in	MOM_MAX	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Momenttimittaus skaalaus yläraja
17	20.0	in	VIRTA_MIN	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Virtamittaus skaalaus alaraja
18	24.0	in	VIRTA_MAX	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Virtamittaus skaalaus yläraja
19	28.0	in	NOPEUSOHJE	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Nopeusohje skaalattavaksi
20	32.0	in	TEHO_MIN	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Tehomittaus skaalaus alaraja
21	36.0	in	TEHO_MAX	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Tehomittaus skaalaus yläraja
22	40.0	out	Output	BOOL	FALSE	FALSE	Output
23	40.1	out	Fault	BOOL	FALSE	FALSE	Fault
24	40.2	out	Man_Auto	BOOL	FALSE	FALSE	M/A mode
25	42.0	out	VALV_TAAJ	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Taajuus valvomoon
26	46.0	out	VALV_VIRTA	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Moottorin virta valvomoon
27	50.0	out	VALV_MOMENTTI	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	
28	54.0	out	VALV_TEHO	REAL	0.000000e+000	0.000000e+000	Teho valvomoon

KUVIO 10. Pumpun 01 Data Block

Jokaisen pumpun tarvitsemat tagit täytyy määrittää WinCC:een ja niihin lisätä omat yksilölliset osoitteet. Kaikkia tietoja ei tarvitse välttämättä siirtää, mutta tarvittavia ovat ainakin ohjaukseen liittyvät komennot, pumpun tila, hälytykset ja niiden kuittaus. Väylää pitkin saadaan taajuusmuuttajalta taajuus, virta, momentti ja teho, jotka muutetaan logiikassa sellaiseksi, että niitä voidaan tarkastella valvomosta. Taajuusmuuttajan parametreista liittyen näitä tietoja voidaan vaihtaa, jos halutaan muita tietoja operaattorille tarkasteltavaksi.

7.2 Taajuusmuuttajan parametointi

Siinä vaiheessa kun uudet Ethernet-adapterit tulivat, palasin takaisin taajuusmuuttajien pariin. Adapterin ohjekirjasta löytyi lista parametreista, jotka tuli muuttaa, jotta väylän kautta ohjaus onnistuu. Muutettavia parametreja oli noin parikymmentä, joihin kuului mm. moduulin tyyppi, IP-osoite ja tilasanat, eli mitä tietoja halutaan taajuusmuuttajasta takaisin. Taajuusmuuttajalla ohjattavan pumpun tai moottorin tiedot täytyy parametroida myös. Koska neljällä pumpulla oli jo valmiiksi taajuusmuuttajat, pystyin näistä taajuusmuuttajista katsomaan tarvittavat tiedot kahta uutta taajuusmuuttajaa varten.

Taajuusmuuttajien vaatiman HW-konfiguroinnin olin tehnyt jo aiemmin toimistolla. Jokaiselle Ethernet väylässä toimivalle laitteelle pitää antaa yksilöllinen nimi, jotta laite toimii. Tämä vaihe piti tehdä tässä vaiheessa, kun taajuusmuuttaja oli parametroidu ja se oli liitettyä väylään. Taajuusmuuttajalle annetun IP-osoitteen perusteella logiikka löytyy laitteen ja HW-konfiguroinnissa tälle IP-osoitteelle annetaan nimi. HW-konfiguroinnissa pystytään menemään online-tilaan, jolloin voidaan tarkastella laitteiden todellista tilaa ja katsoa, että yhteys toimii oikein.

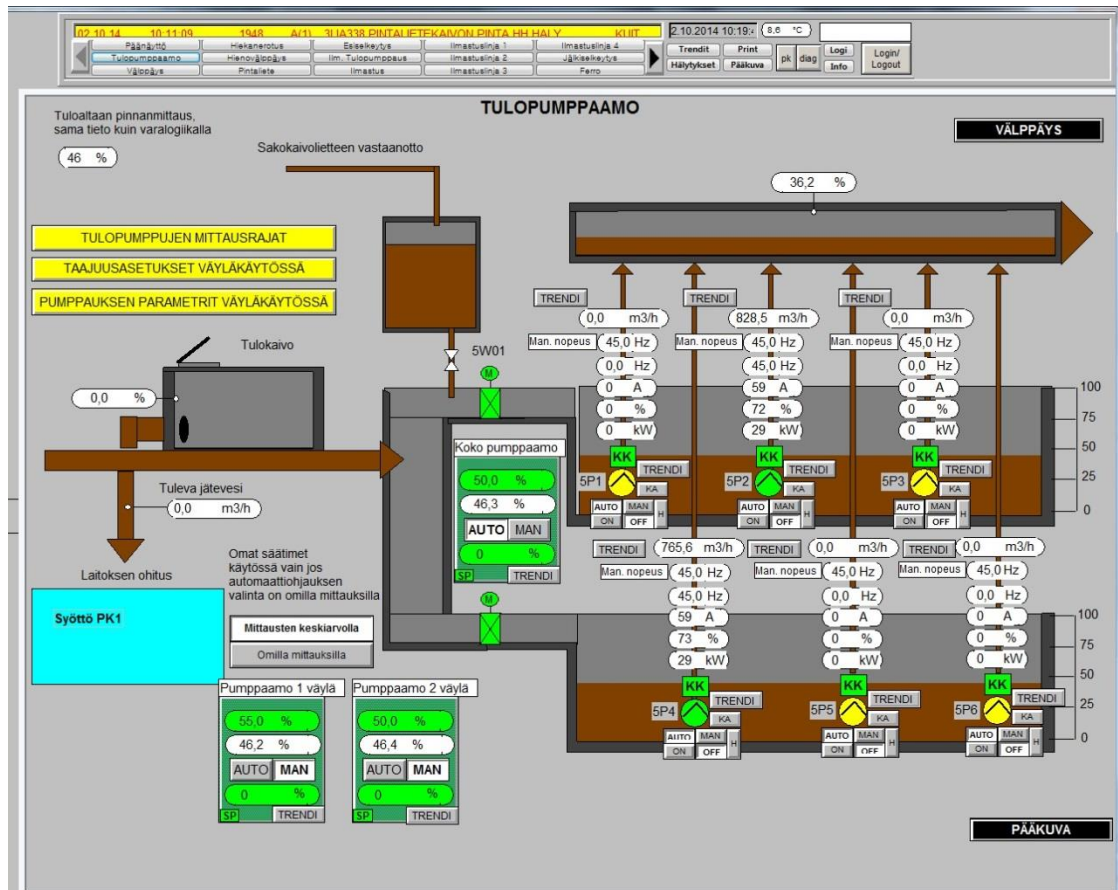
Ensimmäiset testiajot tein siten, että otin kannettavan tietokoneen mukaan ja menin sähkötilaan taajuusmuuttajan viereen. Samassa sähkötilassa on kytkin, jonka kautta kaikki taajuusmuuttajat kytkeytyvät väylään ja tähän kytkimeen pystyin laittamaan myös oman tietokoneeni kiinni. Nyt pystyin ohjamaan logiikkaa omalla koneellani. Kahta uutta pumpppua ei vielä tässä vaiheessa ohjattu millään tavalla, joten ohjasin niitä kirjoittamalla suoraan komentoja Simatic Managerissa pumpun Data Blockiin. Käytännössä pumpun sain käyntiin laittamalla nopeusohjeeksi esim. 45 Hz ja laittamalla manuaalikäynnistyksen bitin päälle.

Taajuusmuuttajan omalta näytöltä pystyy katsomaan todellisen nopeuden, jota pumpppu pyörii, sekä myös taajuuden, sen ottaman virran ja tehon. Nopeusohjeen

antaminen sujui heti ensimmäisellä käynnistyksellä, mutta takaisin saatavien arvojen kuten virran, tehon ja momentin kalibroiminen ei ollut oikein ja arvot logiikassa eivät täsmänneet taajuusmuuttajan todellisiin arvoihin. Tämän sain muutettua tekemällä muutoksia pumppujen kutsuun, jossa näitä arvoja käsitellä. Arvot olikin helppo muuttaa oikeaan muotoon, sillä taajuusmuuttajilta tulevat arvot olivat kymmenkertaisia todellisiin arvoihin verrattuna. Saatavat arvot olivat integereitä eli kokonaislukuja, joten ne piti muuttaa ensin reaaliluvuiksi, jotta ne voivat saada muutakin arvoja kuin kokonaislukuja. Tämän jälkeen reaaliluku jaetaan kymmenellä, jonka jälkeen se voidaan siirtää valvomoon operaattorille esitettäväksi. Kun olin saanut kaikki arvot muutettua todellista vastaaviksi ja ohjaukset toimi oikein, pystyin siirtymään seuraavaan vaiheeseen.

7.3 Vanhan ohjelman muokkaaminen

Koska pumppuja piti käyttää koko ajan, piti uuteen ohjelmaan siirtyminen tehdä vaiheittain, jotta prosessi pysyy käynnissä. Tämän tein niin että poistin vanhasta ohjelmasta pumpun kutsun ja laitoin tilalle uuden kutsun, jolla taajuusmuuttajaa pystytettäisiin ohjaamaan. Tässä vaiheessa ei vielä tehty nopeuden säätöä uusille taajuusmuuttajille, koska ohjelma tulisi olemaan vain väliaikainen, niin riitti vain, että pumppuja ohjataan yhdellä vakionopeudella. Automaattiajon käynnistys toimi kuten aiemmin vanhassa ohjelmassa, eli siirsin vain käynnistyskomennon uuteen kutsuun. Valvomoon tein samanlaiset kuvat uusille pumpuille ja lisäsin näyttöön myös uudet tiedot, jotka nyt saatiin taajuusmuuttajista.



KUVIO 11. Valvomon valmis näyttö

Jotta pumpput uskalsi jättää automaattitilaan päivystyksen ajaksi, eli ajaksi jolloin puhdistamo toimii ilman miehitystä, pitivät pumpput saada toimimaan varmasti. Ajoin niitä nyt valvomosta käsin ja testasin nopeuden muuttamisen ja hälytysten toiminnan. Hälytykset tuli lisätä myös erilliseen hälytyslistaan, jotta hälytys menee gsm-siirtoon. Tämä tarkoittaa sitä, että jos hälytys tulee päivystyksen aikana, menee päivystäjän puhelimeen tieto hälytyksestä ja hän osaa tulla paikalle vian sattuessa. Testasin tämän siten, että laitoin gsm-siirron päälle ja annoin käsin hälytyksen ja tarkistin puhelimesta, että hälytys on varmasti tullut perille. Kun olin kaksi pumppua lisännyt vanhaan ohjelmaan vanhojen pumppujen tilalle, pystyttiin ne ottaman mukaan automaattiajoon.

Vaikka seurasin ja tarkkailin pumppujen toimimista vanhassa ohjelmassa, jäi silti yksi asia huomaamatta. Vanhojen pumppujen käyntitietoja käytettiin prosessin seuraavan osan ohjelmassa. Tämä jäi minulta huomaamatta, mistä syystä seuraava osa eli välppäys ei toiminut normaalisti. Tästä aiheutui hälytys, koska välppien pinnat olivat nousseet liian korkeiksi. Päivystäjä oli mennyt paikalle ja ohjannut manuaalisesti pinnat normaaleille tasoille. Hän ilmoitti myös minulle ja menin paikalle katsomaan tilannetta. Tällöin huomasinkin, että välpät tarvitset käyntitiedot pumpuilta, jotta automaattiajo toimii välpissä. Laitoin vanhojen pumppujen käyntitietojen tilalle uudet käyntitiedot ja tilanne normalisoitui. Koska välppien pinnat nousevat välillä sen verran hitaasti, ei tätä ongelmaa ollut nähtävissä vielä testausvaiheessa.

Kun uudet taajuusmuuttajat toimivat halutulla tavalla, pystyttiin aloittamaan seuraavien taajuusmuuttajien kytkentöjen muuttaminen. Aikaisemmin taajuusmuuttajia oli ohjattu suoraan milliampeeriviestillä, joten kytkentöjä piti purkaa ja osittain rakentaa uudelleen. Loput neljä taajuusmuuttajaa otettiin yksi kerrallaan käyttöön, jotta aina olisi vähintään viisi toimivaa taajuusmuuttajaa säätämässä pinnan korkeutta tuloaltaassa. Samalla kun yhden taajuusmuuttajan kytkentöjä muutettiin, tein kyseisen taajuusmuuttajan muutokset valvomoon ja lisäsin hälytykset. Siinä vaiheessa kun kytkennät olivat valmiina, pystyin saamaan taajuusmuuttajan nopeasti osaksi prosessia.

7.4 Uuden ohjelman testaus

Kun kaikki pumput olivat kytkennöiltään, parametroinneiltaan ja valvomon osalta täysin valmiita, pystyin aloittamaan uuden ohjelman testauksen. Jätin vanhan ohjelman myös talteen vielä, jotta pystyin tarvittaessa käyttämään sitä. Pinnansäätö uudessa ohjelmassa on tehty siten, että pinta saataisiin pysymään mahdollisimman lähellä haluttua tavoitepintaa. Tästä syystä automaattiajossa pumppuja käynnistettiin ja pysäytettiin turhan usein. Koska kyseessä oli pumppuja, joilla

nostettiin vettä, oli niiden hyötysuhdealue melko heikko. Jos esimerkiksi puhalletaan ilmaa moottorilla, niin voidaan käyttää paljon laajempaa toiminta-aluetta kuin veden pumppaamisessa. Nyt käytettävä taajuusalue pumpuille oli laskettu 45 Hz:stä 53 Hz:iin. Tästä aiheutuu se, että joustavaa säätöä on mahdoton rakentaa siten, että pinta pysyisi samana koko ajan. Tulovirtaama altaaseen voi olla väliltä 0...5000 m³/h ja yhdellä pumpulla pystyttiin hyötysuhdealueella pumppaamaan vettä 800...1200 m³/h. Monesti kävikin niin, että yksi pumppu täydellä nopeudella ei riittänyt pitämään altaan pinnankorkeutta halutulla tasolla ja kaksi pumppua miniminopeudella tyhjensi allasta liian paljon. Tämä siitä syystä, koska altaasta ei pystytty poistamaan vettä virtaamalla 1200...1600 m³/h. Ja sama asia toistuu kahden ja kolmen, kolmen ja neljän pumpun välillä ja niin edelleen.

Tuloaltaan pinnankorkeuden ei tarvitse olla koko ajan asetusarvossa, koska prosessi ei sitä vaatinut. Eri asia olisi kyseessä, jos pinnan pitäisi pysyä mahdollisimman stabiilisti samassa asetusarvossa. Nyt pinnankorkeutta tärkeämpää oli pois menevä virtaus, joka oli hyvä olla tasainen, jotta prosessin seuraavat vaiheet toimivat halutulla tavalla. Muokkasin ohjelmaa siten, että siitä tuli joustavampi pinnankorkeuden suhteen, koska sen ei tarvinnut olla juuri sitä, mitä asetusarvossa annetaan. Uudessa ohjelmassa yksi pumppu laitetaan miniminopeudella päälle, kun altaan pinnankorkeus ylittää operaattorin antaman tason, esim. 45 %. Jos pinta edelleen nousee, aletaan käynnissä olevan pumpun nopeutta nostaa siinä vaiheessa, kun pinnankorkeus nousee yli operaattorin antaman altaan pinnankorkeuden asetusarvon, esim. 50 %. Nyt säädin nostaa hiljalleen nopeutta ja pyrkii näin vastaamaan pinnankorkeuden nousuun.

Jos pinta edelleen nousee, käynnistetään toinen pumppu ja laitetaan molemmat pumput täydelle nopeudelle, jotta estetään ylimääräisen pumpun käynnistys. Aina jos pinta vain jatkaa nousemistaan käynnistetään lisää pumppuja, kuitenkin siten, että jos pinta on alle 5 % päässä tavoitepinnasta, pumppua ei lisätä. Kun pinnankorkeus vähenee ja menee alle asetusarvon, alkaa säädin hiljalleen pienentää

käynnissä olevien pumppujen nopeutta. Jos säätimen taajuusohje on ollut pienin mahdollinen operaattorin syöttämän vähentämisaajan verran, pysäytetään yksi pumpuista, kuitenkin siten, että jos pumppuja on käynnissä yksi tai kaksi, ei pumppuja pysäytetä. Tämä siitä syystä, koska pintaa voidaan vielä alentaa kahdella pumpulla ja pystytään vähentämään turhia käynnistyksiä ja pysäytyksiä. Useasti normaaleissa oloissa tulovirtaamaa oli juuri sen verran että yksi pumppu ei saanut pidettyä pinnan korkeutta tasaisena ja kaksi pumppua laski pinnankorkeutta. Virtaamaan vaikuttaa vuorokauden kellonaika, eli esimerkiksi öisin virtaama on paljon pienempi. Sateet vaikuttavat myös suuresti virtaamaan, koska viemäriin kerättävä sadevesi johdetaan veden puhdistamolle.

Pumppujen järjestys

PUMPPAUKSEN ASETUKSET VÄYLÄSSÄ

Automaattiohjauksen valinta ☒ Mittausten keskiarvolla ☐ Omilla mittauksilla

Jos valitaan mittausten keskiarvolla, lasketaan molempien altain pinnanmittauksista LICA02 ja LICA03, jota käytetään taajuuden säätämiseen

Jos valitaan omilla mittauksilla, säädetään molempia alaita erikseen niiden omilla mittauksilla ja pumppuille 1 - 3 on oma taajuusohje ja pumppuille 4 - 6 oma taajuusohje

PUMPPAAMO 1 PUMPPAAMO 2

Käynnistysjärjestys	5P01	5P02	5P03	5P04	5P05	5P06	Jakso
Kun käytetään keskiarvomittausta	1	3	5	2	4	6	1
	6	2	4	1	3	5	2
	5	1	3	6	2	4	3
	4	6	2	5	1	3	4
	3	5	1	4	6	2	5
	2	4	6	3	5	1	6

Yhden jakson aika: 50

Käynnissä jakso nro 1

Kuluneet minuutit 11

Kuivakäyntisuoja-rajana 6,0 %

Jos pumppaamoja ohjataan erikseen omilla mittauksilla, on käytössä eri järjestys

	Koko pumppaamo	Pumppaamo 1	Pumppaamo 2
Pumppauksen aloitus	45,0 %	45,0 %	40,0 %
Pumppauksen lopetus	18,0 %	18,0 %	25,0 %
Höppäytys	<input type="radio"/> POIS <input checked="" type="radio"/> KÄYTÖSSÄ	<input type="radio"/> POIS <input checked="" type="radio"/> KÄYTÖSSÄ	<input type="radio"/> POIS <input checked="" type="radio"/> KÄYTÖSSÄ
Höppäytyksen aloitusaika	klo: 7 : 0 klo: 9 : 47	klo: 7 : 0 klo: 9 : 47	klo: 7 : 0 klo: 9 : 47
Höppäytyksen aloitusraja	40,0 %	40,0 %	40,0 %
Höppäytyksen pysäytysraja	13,0 %	13,0 %	13,0 %
Pumppujen nopeus höppäyksen aikana (Kaikille yhteinen)	50,0 Hz	50,0 Hz	50,0 Hz

Jos automaattiohjauksen valintana on "Mittausten keskiarvolla", tehdään hörppy yhteisesti
Jos automaattiohjauksen valintana on "Omilla mittauksilla", tehdään hörppäys erikseen altaille

KUVIO 12. Pumppauksen parametrien näyttö

Kun käynnissä on vielä kaksi pumppua, pysäytetään toinen pumppu aiemmin kuin viimeinen käyntiin jäävä pumppu. Pinnankorkeus saa laskea lähellä 20 %, ennen kuin viimeinenkin pumppu pysäytetään. Nyt pinnankorkeus saa taas hiljalleen nousta 45 %:iin ennen kuin ensimmäinen pumppu käynnistetään. Pumppujen käyntijärjestys on sama kuin alun perin on suunniteltu, eli 50 minuutin välein vaihdetaan käyntijärjestystä, jotta kaikki pumput käyvät suunnilleen yhtä paljon. Myös siinä tapauksessa, jossa kaikki pumput ovat pysähdyksissä, siirrytään käynnistysjärjestyksessä seuraavaan vaiheeseen.

Testasin eri pinnankorkeuksia pumppujen lisäyksiin ja eri aikoja vähennyksiin ja lisäyksiin, jotta säätö toimisi mahdollisimman hyvin. Nämä parametrit ovat myös muutettavissa valvomosta, jotta toimintaa voidaan halutessa muuttaa. Pumppujen nopeudet ja altaan pinnankorkeus tallentuvat myös arkistoon ja niistä piirretään trendit, josta arvoja voi seurata. Tämä oli kätevää esim. silloin, kun tutkin miten pinnankorkeuden säätö toimii iltaisin ja öisin. Samat parametrit ovat käytössä kaikkina aikoina vuorokaudesta, joten säädön tulee olla joustava, että se toimii erilaisilla tulovirtaamilla.

7.5 Varalogiikan käyttöönotto

Kun olin saanut automaattiajon toimimaan riittävän hyvin, testattiin varalogiikan toiminta. Ideana varalogiikan käytössä on se, että se toimii muusta prosessista erillään ja pystyy toimimaan vaikka valvomo tai taajuusmuuttajia ohjaava logiikka olisit poissa käytöstä esim. vian sattuessa. Varalogiikkaa varten tuloaltaaseen lisättiin uusi pinnanmittaus, jonka pohjalta pumppuja ohjataan. Tämä mittaustieto näytetään myös päävalvomossa, jotta tiedetään, että mittaus toimii ja näyttää oikeaa lukemaa. Uusi pinnanmittaus on ultraäänellä toimiva ja sen lähetin kalibroitiin samalla tavalla kuin varsinaisessa logiikassa käytettävät pinnanmittaukset.

Pinnanmittauksen kalibroinnin jälkeen latasin varalogiikan ohjelman ja aloitin testaamisen. Tässä vaiheessa sähkötilassa käännettiin ohjaukset varalogiikalle ja valvomoon tulee tieto, että pumpput ovat paikallisajossa, eikä niitä pysty enää ohjaamaan. Varalogiikan ohjelma oli melko yksinkertainen ja sen toiminta oli melko helppo saada toimimaan. Jaksotus tapahtuu samalla tavalla kuin varsinaisessa ohjelmassa. Pumppuja ohjataan suoraan päälle tai pois pinnankorkeuden mukaan, joten kun rajat oli asetettu oikein, toimi myös ohjelma oikein.

7.6 Käyttökoulutus

Pidin valvomoa käyttäville henkilöille käyttökoulutuksen tulopumppaamon ohjausten muutoksista. Esitys oli noin puolen tunnin mittainen ja siinä kerroin mitä heidän tulee ottaa huomioon valvomon operoinnissa. Kävimme läpi, mitä muutoksia olin tehnyt valvomoon ja mitä parametreja heidän tulee tietää. Selvitin myös mitä uusia hälytyksiä on ja miten niitä pitää tulkita. Ohjelma on täysin automaattinen, joten ilman minkäänlaisia ongelmia, ei käyttäjien tarvitse suurempia muutoksia tehdä missään vaiheessa.

8 Pohdinta

Tässä työssä ja aiemmin työharjoittelussani pääsin tutustumaan veden puhdistukseen ja mitä kaikkea siihen liittyy automaation näkökulmasta. Aiemmin puhdistamoista minulla ei ollut mitään tietoa ja onkin ollut antoisaa selvittää kuinka jätevesi saadaan sellaiseksi, että se voidaan johtaa takaisin luontoon. Yhdyskuntatekniikan tunteminen ja osaaminen on hyödyllistä minulle tulevaisuudessa, sillä ala on sellainen, että sillä töitä varmasti riittää jatkossa. Vettä kun tullaan aina puhdistamaan ja tekniikka ja tavat ovat jatkuvassa kehityksessä.

Vaikka keskityinkin itse työn osalta lähinnä tulopumppaukseen eli puhdistuksen ensimmäiseen vaiheeseen, tutkin myös muut osa-alueet ja niiden toiminnan tunnen

nyt yleisellä tasolla. Jatkossa jos tulen tekemään töitä muilla alueilla, osaan jo valmiiksi niiden perusidean, mikä helpottaa varmasti työn aloittamista.

Sovellussuunnittelu on ollut minulle aina ammattikorkeakoulussa aloittamisesta lähtien mieluisaa ja olinkin tyytyväinen, että pääsin tekemään sen parissa opinnäytetyöni. Siemensin tekniikka on koko maailmassa yleisessä käytössä ja tässä työssä pääsin tutkimaan logiikoita, väyläratkaisuja ja valvomoita eli hyvin kattavasti kaikkea. Taajuusmuuttajien ohjelmointi ja tunteminen kuuluu osaksi automaatioinsinöörin osaamista ja kaikki tieto niistä tulee olemaan hyödyllistä minulle.

Koulussa olemme aiemmin opiskelleet Simatic Step7 – ohjelman käyttöä ja opinnäytetyössä pääsin hyvin soveltamaan oppimaani. Aiemmin työharjoittelussa tehdyt työt auttoivat myös omalta osaltaan. Esimerkiksi HW-konfiguroinnissa oli usein ongelmia koulutöitä tehdessä, mutta siellä opitut asiat ja ratkaisut auttoivat tulopumppaamon logiikan konfiguroinnissa. Usein käykin niin, että niissä asioissa, joissa ongelmia useimmiten esiintyy, tulee niistä omia vahvuusalueita ongelmien kautta.

Taajuusmuuttajien ohjaaminen väylän kautta vaati manuaalien tutkimista ja tarvittavien parametrien tutkimista. PCS-Engineering on tehnyt samantyyppisiä väyläohjauksia muille ABB:n taajuusmuuttajille, ja näistä vanhoista ohjauksista olikin paljon hyötyä ohjelmaa tehdessä.

Käyttöönotto sujui ilman suurempia ongelmia. Väärät adapterit sekä yksi hälytyskäynti olivat ainoat mainittavat ongelmat. Käyttöönottoa hidasti se, että osa ohjelmasta muokattiin erilaiseksi ja testausta tein melko paljon, jotta sain säädön toimimaan mahdollisimman hyvin.

Opinnäytetyön valinta oli mielestäni onnistunut, koska pääsin melko kattavasti tutustumaan eri osa-alueisiin. Tein työn melko pitkälle itsenäisesti, mutta tarvittaessa sain apua toimistolta. Paljon auttoi myös se, että tekemäni ohjelma oli lisäys jo ennestään olemassa olevaan, joten minun ei tarvinnut lähteä tekemään kaikkea alusta asti. Pystyin katsomaan mallia tarvittaessa vanhasta ohjelmasta ja varsinkin valvomon käytössä käytin hyväksi paljon vanhoja kuvia. Lisäykset, joita valvomoon tuli, olivat myös samantyyppisiä kuin mitä vanhoista kuvista jo löytyi.

LÄHTEET

888/2006. 2006. Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä. Viitattu 22.8.2014

<http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2006/20060888>

ABB. 2014. Tuotekuvaus ACS-550. Viitattu 18.8.2014

<http://www.abb.fi/product/seitp322/24a312532bf02266c125796b003975ba.aspx>

ABB. 2014. ACS-550 manuaali. Viitattu 18.8.2014

[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/23ed3ab564129d4dc1257682005905b6/\\$file/FI_ACS550-01U1_UM_0.75_to_160_kW_G_screen.pdf4](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/23ed3ab564129d4dc1257682005905b6/$file/FI_ACS550-01U1_UM_0.75_to_160_kW_G_screen.pdf4)

ABB. 2014. RETA-02 manuaali. Viitattu 18.8.2014

<http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AFE68895383&LanguageCode=E&DocumentPartId=1&Action=Launch>

JS-Puhdistamo. 2014. Nenäinniemen puhdistamon esittely. Viitattu 18.8.2014

<http://www.js-puhdistamo.fi/index.php?id=6>

JS-Puhdistamo. 2014. Vessasta vesistöön – jätevedenpuhdistuksen esittely- ja koulutusvideo. Viitattu 18.10.2014

<http://www.js-puhdistamo.fi/index.php?id=11>

Siemens AG. 2014. Tuotekuvaus SIMATIC S7-400. Viitattu 18.8.2014

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7-400.php

Siemens AG. 2014. Tuotekuvaus WinCC. Viitattu 18.8.2014

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto_wincc.php

Siemens AG. 2014. Tuotekuvaus Profinet. Viitattu 18.8.2014

[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden tuotteet ja ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen tiedonsiirto esim profinet/profinet.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm)

Siemens AG. 2014. Tuotekuvaus Step7. Viitattu 18.8.2014

[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden tuotteet ja ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat logiikat simatic/ohjelmistot/tia portal step7.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/ohjelmistot/tia_portal_step7.htm)

Liitteet

Liite 1. Tulopumppaamon toimintaselostus



J-S PUHDISTAMO OY

Tulopumppaamon toimintaselostus

Raportti





Antti Smolander

Raportti

1 (4)

15.4.2014

Sisällysluettelo

1	Yleistä	2
2	Toiminta	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Automaattiajo	2
2.3	Manuaaliajo	3
3	Raportointi	4

Liitteet

-

Tulopumppaamon toimintaselostus

1 Yleistä

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy on tehnyt J-S Puhdistamo Oy:n toimeksi annosta Nenäinniemen jätevedenpuhdistamon tulopumppaamon kapasiteettitarkastelun. J-S Puhdistamo Oy:ltä Petri Tuominen, Arto Tolmunen ja Markku Tuohimetsä ja FCG:ltä tehtävään ovat osallistuneet Markus Sunela ja Antti Smolander.

Tehtävänä on ollut mallintaa tulopumppaamon nykytila, sekä selvittää laskelmin kuinka tulopumppaamon pumppauskapasiteettia voidaan parantaa. Tämä tulopumppaamon toimintaselostus on laadittu kapasiteettitarkastelun pohjalta.

2 Toiminta

2.1 Yleistä

J-S Puhdistamon tulopumppaamo on jaettu kahteen erilliseen allastilaan, joita voidaan käyttää toisistaan erillisinä. Kummassakin allastilassa on kolme samanlaista Xylem (ent. Flygt) NP3301.180 624- juoksupyörällä varustettua pumppua. Pumppujen moottorit ovat 45 kW ja nimellisyörimisnopeus 985 rpm. Tällä hetkellä neljä pumppua on varustettu taajuudenmuuttajilla ja kahteen jäljellä olevaan on tarkoitus hankkia kapasiteetin parantamisen yhteydessä taajuudenmuuttajat. Ohjaustapamuutokset toteutetaan jo ennen mahdollisten uusien ja tehokkaampien pumppujen hankintaa, jotta toimintatapaa voidaan testata ennen kuin kapasiteetin tehostamisen toimenpiteet tehokkaammista pumpuista laitetaan toteutukseen. Tulopumppaamon kapasiteetti pumppujen nimellisyörimisnopeudella on mallinnuksen mukaan $6 \times 900 \text{ m}^3/\text{h} = 5400 \text{ m}^3/\text{h}$, mikä vastaa hyvin kesäkuun 2013 alussa havaittua todellista tilannetta.

Nykyisellään kumpaakin tulopumppaamon allastilaa ohjataan oman pintamittauksen perusteella, käynnistäen ja pysäyttäen pumppuja vesipinnan korkeuden mukaan, pyrkimällä pitämään vesipinta vakiokorkeudella, mitta-asteikon 45- prosentissa (vedenkorkeus altaan pohja 2,19 m, korkeustaso +78,03 N2000). Pumput pysäytetään tasolla 40 % (1,94, +77,78). Imualtaan hyötytilavuus jää nykyisellä toiminnalla hyvin pieneksi (poikkileikkaus $24,5 \text{ m}^2$). 10 % säätöalue vastaa yhdessä altaassa noin 12 m^3 .

Taajuusmuuttajalla varustettujen pumppujen taajuudensäätöalue alkaa 45 hertsistä, päättyen 60 hertsiiin. Pumppuja on nykyisin käytetty maksimissaan 53 hertsin taajuuksilla. Pyörimisnopeuden ja tuoton säätövara on suhteellisen pieni. Koska säätöalue ja imualtaden hyötytilavuus ovat pienet, tulee pumpuille runsaasti käynnistys- ja pysäytyksiä. Lisäksi erilliset imualtaat ja niiden pumppujen eriaikaiset käynnistykset saavat veden aaltoilemaan altain välillä, mikä lisää entisestään pumppujen käynnistyskertoja.

Tässä toimintaselostuksessa annetaan ohjeet tulopumppaamon toimintaa varten. Tarkoitus on vähentää pumppujen käynnistyskertoja, sekä tehostaa tulopumppaamon toimintaa siinä vaiheessa kun tehokkaammat pumput otetaan käyttöön.

2.2 Automaattiajo

Tulopumppaamon imualtaden pinnankorkeuden mittausten ohjausta varten pintatiedoista lasketaan keskiarvo, mitä käytetään määräävänä pinnankorkeustietona pumppuja käynnistettäessä ja pysäytettäessä.

Imualtaan tavoitepinta asetetaan 50 %:iin. Käynnissä olevien pumppujen pyörimisnopeutta säädellään määriteltyjen ala- ja ylärajataajuuden välissä. Nykyisillä pumpuilla alarajataajuus asetetaan 45 Hz:ksi ja yläraja 53 Hz:ksi (55 Hz).

Käynnissä olevien pumppujen taajuus asetetaan aina samaksi. Tarkoituksena on säätää käynnissä olevaa pumppujen määrää yhdellä ja samalla taajuudella, jolloin joustavuus virtaaman säädössä hieman paranee, mikä vähentää merkittävästi pumppujen käynnistyskertoja.

Pumppuja käynnistetään lisää kun käynnissä olevien pumppujen taajuudenmuuttajan taajuus on 51 Hz, hieman ennen asetettua maksimitaajuutta. Lisäpumppun käynnistymisen jälkeen kaikkien käynnissä olevien pumppujen pyörimisnopeus (taajuus) säädetään sellaiseksi että tavoitepinta imualtaissa saavutetaan tai säilyy.

Kun käynnissä olevien pumppujen taajuus laskee alle 46 Hz, pysäytetään viimeiseksi käynnistetty pumppu. Käyntiin jäävien pumppujen pyörimisnopeus (taajuus) säädetään siten että tavoite pinnankorkeus imualtaissa säilyy.

Pumppujen käynnistymisjärjestys vaihdetaan jatkuvasti 50 min välein ja pumppuja käynnistetään vuoroperään molemmista allasosastoista.

	Imuallas 1			Imuallas 2			aika-askel
	TP01	TP02	TP03	TP04	TP05	TP06	
käynnistysjärjestys	1	3	5	2	4	6	0:00
	6	2	4	1	3	5	0:50
	5	1	3	6	2	4	1:40
	4	6	2	5	1	3	2:30
	3	5	1	4	6	2	3:20
	2	4	6	3	5	1	4:10
	1	3	5	2	4	6	5:00

Ensimmäisenä käynnissä oleva pumppu vaihdetaan 50 min välein.

Taulukko 1. Pumppujen käynnistysjärjestys

Jos ensimmäisenä käynnistysvuorossa oleva pumppu on ollut käynnissä 50 min, se pysäytetään ja käynnistetään seuraavana käynnistysvuorossa oleva pumppu. Mikäli ensimmäisenä käynnistysvuorossa oleva pumppu pysähtyy ennen 50 min aika-asteeseen täyttymistä, vaihdetaan ensimmäisenä käynnistyvää pumppua tässäkin tapauksessa. Kierrättämällä ensimmäisenä käynnistymisjärjestyksessä olevaa pumppua 50 min aika-astelein, vältetään saman pumpun käyttö peräkkäisinä vuorokausina samaan kelloaikaan. Kierrättäminen estää myös lietteen kertymisen pumppusyvennyksiin, kun kukin pumppu käynnistetään vähintään 5 tunnin välein.

Huuhtelupumppaus tehdään vähintään kerran vuorokaudessa, laskemalla imualtaan vesipinta mitta-asteikolla 15 %:iin. Huuhtelupumppaus tehdään aamuyöllä, pienimmän tulovirtaaman aikaan.

2.3 Manuaalijäjo

Manuaalijäjoilla pumpput ovat käynnissä nimellispyörimisnopeudellaan 985 rpm (50 Hz). Samoin kuin automaattijäjoillakin, pumppuja käynnistetään vuoronperään eri allasosastoista.

Pumppujen ohjeellinen ajotapataulukko manuaalikäytössä on seuraava:

Pinta > 70 %	6 pumppua
Pinta > 65 %	5 pumppua
Pinta > 60 %	4 pumppua
Pinta > 55 %	3 pumppua
Pinta > 50 %	2 pumppua
Pinta > 45 %	1 pumppu
Pinta < 45 %	0 pumppua

Manuaalikäyttöä varten tulopumppaamolle hankitaan erillinen ohjauskeskus pinnanmittauksineen, mihin edellä mainitut käynnistysrajat ohjelmoidaan. Manuaalikäytön ohjauskeskus varustetaan samoin kuin automaattikäyttökin, pumppujen muuttuvalla käynnistysjärjestyksellä, minkä käyttäjä voi ohjauspaneelista muuttaa.

3 Raportointi

Jokaisen pumpun taajuudenmuuttajalta tallennetaan laitoksen automaatiojärjestelmän historiatietokantaan seuraavat arvot:

- Taajuus
- Virta
- Teho
- Akseliteho

Jokaiselta virtausmittarilta:

- virtaama

Imualtaasta:

- pinnankorkeus

Edellä mainittujen tietojen tallennusväli on korkeintaan 1 min (60 s).

15.4.2014

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

Antti Smolander
suunnittelupäällikkö, ins.

Markus Sunela
erikoissuunnittelija, DI